

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08116128 A**

(43) Date of publication of application: **07.05.96**

(51) Int. Cl. **H01S 3/18**

(21) Application number: **06250319**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(22) Date of filing: **17.10.94**

(72) Inventor: **SUGAWARA MITSURU**

(54) **SEMICONDUCTOR QUANTUM WELL OPTICAL ELEMENT**

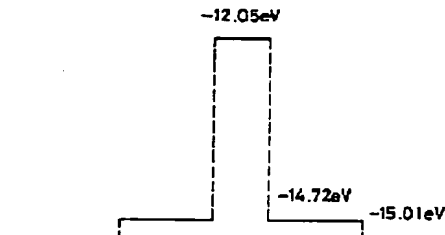
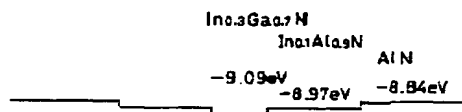
quantum well layer.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor quantum well optical element which uses a nitrogen compound semiconductor and in which the probability of an optical transition is high regarding the semiconductor quantum well optical element such as a semiconductor laser or the like.

CONSTITUTION: A semiconductor quantum well optical element uses a structure wherein a semiconductor quantum well structure composed of an $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ quantum well layer and of an $\text{In}_{0.1}\text{Al}_{0.9}\text{N}$ barrier layer which sandwiches the $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ quantum well layer and whose band gap is higher than that of the $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ quantum well layer is provided as an active layer. The quantum well structure can be sandwiched by the $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ quantum well layer or by an AlN clad layer whose band gap is larger than that of the $\text{In}_{0.1}\text{Al}_{0.9}\text{N}$ barrier layer. The quantum well layer can be constituted of InN , and the barrier layer can be constituted of AlGaInN , AlN or the like having a composition whose band gap is larger than that of the



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-116128

(43) 公開日 平成8年(1996)5月7日

(51) Int. Cl. ⁶

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全6頁)

(21) 出願番号 特願平6-250319

(22) 出願日 平成6年(1994)10月17日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 菅原 充

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外1名)

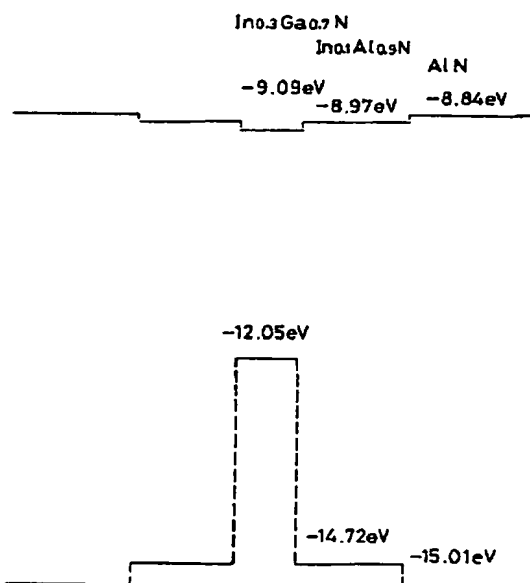
(54) 【発明の名称】 半導体量子井戸光素子

(57) 【要約】

【目的】 半導体レーザ等の半導体量子井戸光素子に関し、窒素化合物半導体を用いた光学遷移の確率が高い半導体量子井戸光素子を提供する。

【構成】 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 量子井戸層と、この $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 量子井戸層を挟み $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ よりも禁制帯幅が大きい $\text{In}_{0.1}\text{Al}_{0.9}\text{N}$ 障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具える構造を用いる。この量子井戸構造を $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 量子井戸層また、 $\text{In}_{0.1}\text{Al}_{0.9}\text{N}$ 障壁層よりも禁制帯幅が大きい AlN クラッド層によって挟むことができる。量子井戸層を InN によって構成することができ、また、障壁層を量子井戸層よりも禁制帯幅が大きい組成を有する AlGaInN , InAlN , AlGaInN , AlN 等によって構成することができる。

第2実施例の $\text{InAlN}/\text{InGaInN}/\text{InAlN}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 InN井戸層と、該InN井戸層を挟みInNよりも禁制帯幅が大きいInAlN障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具えることを特徴とする半導体量子井戸光素子。

【請求項2】 InGaN井戸層と、該InGaN井戸層を挟みInGaNよりも禁制帯幅が大きいAlGaN, InAlNまたはAlGaNの障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具えることを特徴とする半導体量子井戸光素子。

【請求項3】 量子井戸層および障壁層を、該量子井戸層および障壁層よりも禁制帯幅が大きいAlGaNクラッド層によって挟んだ構造を具えることを特徴とする請求項2に記載された半導体量子井戸光素子。

【請求項4】 InGaN井戸層と、該InGaN井戸層を挟みInGaNよりも禁制帯幅が大きいAlN障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具えることを特徴とする半導体量子井戸光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、窒素化合物を用いた半導体量子井戸光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】可視光領域で発光する窒素化合物AlN, GaN, InNを用いた半導体レーザ等の半導体光素子は、次世代の高密度光磁気ディスク用光源として期待され、既に、InGaNを活性層とし、波長450nmで発光するダイオードが開発されている。そして、他の半導体材料を用いた光素子と同様に、今後はAlN, GaN, InN等の窒素化合物を用いたレーザの開発、特に量子井戸レーザ等の光素子の開発が急ピッチで進められるものと予想される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、現在のところ、これらの窒素化合物については物性パラメータの蓄積が乏しく、特に、半導体の伝導帯と価電子帯のエネルギー位置は、レーザの特性を決定する最も重要なパラメータであるが、全く知られていない。したがって、窒素化合物材料をどのように組み合わせれば特性の優れた光素子が得られるか分かっていなかった。本発明は、窒素化合物半導体を用いた光学遷移の確率が高い量子井戸光素子を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明にかかる半導体量子井戸光素子においては、InN量子井戸層と、該InN量子井戸層を挟みInNよりも禁制帯幅が大きいInAlN障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具える構成を採用した。

【0005】本発明にかかる他の半導体量子井戸光素子においては、InGaN井戸層と、該InGaN井戸層

を挟みInGaNよりも禁制帯幅が大きいAlGaN障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具える構成を採用した。この場合、量子井戸層および障壁層を挟み、該量子井戸層および障壁層よりも禁制帯幅が大きいAlGaNクラッド層からなる多層構造を活性層として具える構成とすることができる。

【0006】また、本発明にかかる他の半導体量子井戸光素子においては、InGaN井戸層と、該InGaN井戸層を挟みInGaNよりも禁制帯幅が大きいAlGaN障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具える構成を採用した。この場合、量子井戸層および障壁層を、該量子井戸層および障壁層よりも禁制帯幅が大きいAlGaNクラッド層によって挟んだ構造を具える構成とすることができる。

【0007】また、本発明にかかる他の半導体量子井戸光素子においては、InGaN井戸層と、該InGaN井戸層を挟みInGaNよりも禁制帯幅が大きいInAlN障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具える構成を採用した。この場合、量子井戸層および障壁層を、該量子井戸層および障壁層よりも禁制帯幅が大きいAlGaNクラッド層によって挟んだ構造を具える構成とすることができる。

【0008】また、本発明にかかる他の半導体量子井戸光素子においては、InGaN井戸層と、該InGaN井戸層を挟みInGaNよりも禁制帯幅が大きいAlN障壁層からなる半導体量子井戸構造を活性層として具える構成を採用した。

【0009】

【作用】本発明の半導体量子井戸光素子においては、本発明の発明者らが先に提案した「陽イオンd軌道を含む強結合近似モデル」を用いて、窒素化合物半導体の伝導帯と価電子帯エネルギーを決定した。このモデルは、既に公表されており(Phys. Rev. B47, 7588 (1993) 参照)、化合物半導体の伝導帯と価電子帯エネルギーを極めて正確に推計できるものである。計算に必要なパラメータは以下の通りである。

【0010】電子間距離(a)

a=0.3197nm(GaN)

a=0.3115nm(AlN)

a=0.3508nm(InN)

禁制帯幅(Eg)

Eg=3.393eV(GaN)

Eg=6.171eV(AlN)

Eg=1.975eV(InN)

【0011】図6は、窒素化合物の伝導帯と価電子帯のエネルギー説明図である。この図は、窒素化合物であるAlN, GaN, InNの伝導帯と価電子帯のエネルギーを、発明者らが先に提案した陽イオンd軌道を含む強結合近似モデルによって計算した結果を示している。

【0012】本発明の対象である窒素化合物AlN, G

aN, InNの窒素(N)が砒素(As)である、従来から知られているAlAs, GaAs, InAs系の化合物半導体では、禁制帯幅が小さくなるにつれて伝導帯のエネルギーが順に低下し、価電子帯のエネルギーが順に上昇する。しかし、窒素化合物においては、中間の禁制帯幅をもつGa_{0.5}N_{0.5}のエネルギー位置が、AlN, InNに比べて伝導帯、価電子帯とも上に出っ張ったようになっている。

【0013】図7は、本発明の前提となるGa_{0.5}N_{0.5}/InN/GaN量子井戸構造のエネルギーバンド図である。このGa_{0.5}N_{0.5}/InN/GaN構造の量子井戸構造は、禁制帯幅が小さいInNを禁制帯幅が大きいGa_{0.5}Nで挟んだ構造を有しているが、前記のように、Ga_{0.5}Nのエネルギー位置がInNのエネルギーレベルから上に出っ張ったようになっているため、伝導帯にはInNにポテンシャル井戸ができるものの、価電子帯では両側のGa_{0.5}N側に井戸ができる。

【0014】この形はヘテロ接合のType IIと呼ばれ、発光確率が小さいために光素子としては十分に動作しない。上記のことから、窒素化合物半導体によって光素子を製造する場合には、窒素化合物自体を直接積層することなく、窒素化合物半導体の材料組成をうまく調整する必要があることがわかる。

【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

(第1実施例) 図1は、第1実施例のInAlN/InN/InAlN量子井戸構造のエネルギーバンド図である。この実施例の量子井戸構造においては、伝導帯の基底のエネルギーが-10.14 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-12.11 eVで、禁制帯幅が1.97 eVのInNからなる井戸層を、伝導帯の基底のエネルギーが-8.97 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-14.72 eVで、禁制帯幅が5.75 eVのIn_{0.5}Al_{0.5}Nからなる障壁層によって挟んでおり、先に図7によって示したGa_{0.5}N_{0.5}/InN/GaN構造の量子井戸とは異なり、伝導帯も価電子帯もInNが井戸層になっている。このため、光学遷移の確率が高まり、光素子として極めて有効である。

【0016】この量子井戸構造を、InN井戸層、In_{0.5}Al_{0.5}N障壁層よりも禁制帯幅が大きいAlN(伝導帯の基底のエネルギーが-8.84 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-15.01 eVで、禁制帯幅が3.67 eV)からなるクラッド層によって挟むことができる。

【0017】(第2実施例) 図2は、第2実施例のInAlN/InGa_{0.5}N/InAlN量子井戸構造のエネルギーバンド図である。この実施例の量子井戸構造においては、伝導帯の基底のエネルギーが-9.09 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-12.05 eVで、禁制帯幅が2.96 eVのIn_{0.5}Ga_{0.5}Nからなる井戸

層を、伝導帯の基底のエネルギーが-8.97 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-14.72 eVで、禁制帯幅が5.75 eVのIn_{0.5}Al_{0.5}Nからなる障壁層によって挟んでおり、先に図7によって示したGa_{0.5}N_{0.5}/InN/GaN構造の量子井戸とは異なり、伝導帯も価電子帯もInNが井戸層になっている。このため、光学遷移の確率が高まり、光素子として極めて有効である。

【0018】この量子井戸構造を、In_{0.5}Ga_{0.5}N井戸層、In_{0.5}Al_{0.5}N障壁層よりも禁制帯幅が大きいAlN(伝導帯の基底のエネルギーが-8.84 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-15.01 eVで、禁制帯幅が3.67 eV)からなるクラッド層によって挟むことができる。

【0019】このレーザ構造においては、前述のように、伝導帯も価電子帯もInNが井戸層になっているため、光学遷移の確率が高く、In_{0.5}Al_{0.5}Nからなる障壁層が光閉じ込め層として働き、量子井戸レーザの標準的構造(SCH構造 Separate Confinement Heterostructure Lasers)が得られる。

【0020】(第3実施例) 図3は、第3実施例のAlGaInN/InGa_{0.5}N/AlGaInN量子井戸構造のエネルギーバンド図である。この実施例の量子井戸構造においては、伝導帯の基底のエネルギーが-9.09 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-12.05 eVで、禁制帯幅が2.96 eVのIn_{0.5}Ga_{0.5}Nからなる井戸層を、伝導帯の基底のエネルギーが-9.28 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-12.66 eVで、禁制帯幅が3.38 eVのAl_{0.5}Ga_{0.5}In_{0.5}Nからなる障壁層によって挟んでおり、先に図7によって示したGa_{0.5}N_{0.5}/InN/GaN構造の量子井戸とは異なり、伝導帯も価電子帯もIn_{0.5}Ga_{0.5}Nが井戸層になっている。このため、光学遷移の確率が高まり、光素子として極めて有効である。

【0021】この量子井戸構造を、In_{0.5}Ga_{0.5}N井戸層、AlGaInN障壁層よりも禁制帯幅が大きいAl_{0.5}Ga_{0.5}In_{0.5}N(伝導帯の基底のエネルギーが-8.76 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-13.82 eVで、禁制帯幅が5.06 eV)からなるクラッド層によって挟むことができる。

【0022】(第4実施例) 図4は、第4実施例のAlGa_{0.5}N/AlGa_{0.5}N/AlGa_{0.5}N量子井戸構造のエネルギーバンド図である。この実施例の量子井戸構造においては、伝導帯の基底のエネルギーが-9.09 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-12.05 eVで、禁制帯幅が2.96 eVのIn_{0.5}Ga_{0.5}Nからなる井戸層を、伝導帯の基底のエネルギーが-8.68 eV、価電子帯の頂上のエネルギーが-12.63 eVで、禁制帯幅が3.95 eVのAl_{0.5}Ga_{0.5}Nからなる障壁

層によって挟んだ構造を有しており、先に図 7 によって示した GaN/InN/GaN 構造の量子井戸とは異なり、伝導帯も価電子帯も $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ が井戸層になっている。このため、光学遷移の確率が高まり、光素子として極めて有効である。

【0023】この量子井戸構造を、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 井戸層、 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 障壁層よりも禁制帯幅が大きい $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ (伝導帯の基底のエネルギーが -8.76eV 、価電子帯の頂上のエネルギーが -13.32eV で、禁制帯幅が 4.56eV) からなるク

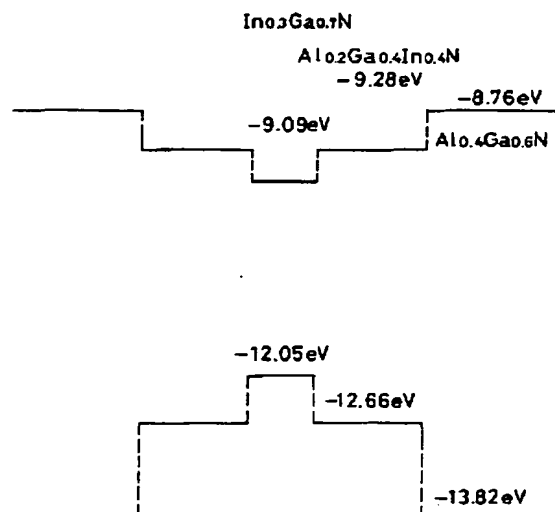
ラッド層によって挟むことができる。

【0024】(第 5 実施例) 図 5 は、第 5 実施例の AlN/InGaAs/AlN 量子井戸構造のエネルギーバンド図である。この実施例の量子井戸構造においては、伝導帯の基底のエネルギーが -9.09eV 、価電子帯の頂上のエネルギーが -12.05eV で、禁制帯幅が 2.96eV の $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ からなる井戸層を、伝導帯の基底のエネルギーが -8.84eV 、価電子帯の頂上のエネルギーが -15.01eV で、禁制帯幅が 6.17eV の AlN からなる障壁層によって挟んだ構造を有しており、先に図 7 によって示した GaN/InN/GaN 構造の量子井戸とは異なり、伝導帯も価電子帯も $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ が井戸層になっている。このため、光学遷移の確率が高まり、光素子として極めて有効である。

【0025】なお、上記の各実施例において説明した構

【図 3】

第 3 実施例の $\text{AlGaInN/InGaAs/AlGaInN}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図



造は、CVD 法等の従来から知られていた結晶成長技術を用いることによって容易に実現することができる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、窒素化合物を用いて優れた光学特性を有する量子井戸構造を実現することができ、次世代の情報記憶装置として有望視されている高密度光磁気ディスク用光源等の可視光領域の光素子関連技術分野において寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 実施例の InAlN/InN/InAlN 量子井戸構造のエネルギーバンド図である。

【図 2】第 2 実施例の $\text{InAlN/InGaAs/InAlN}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図である。

【図 3】第 3 実施例の $\text{AlGaInN/InGaAs/AlGaInN}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図である。

【図 4】第 4 実施例の $\text{AlGaAs/AlGaAs/AlGaAs}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図である。

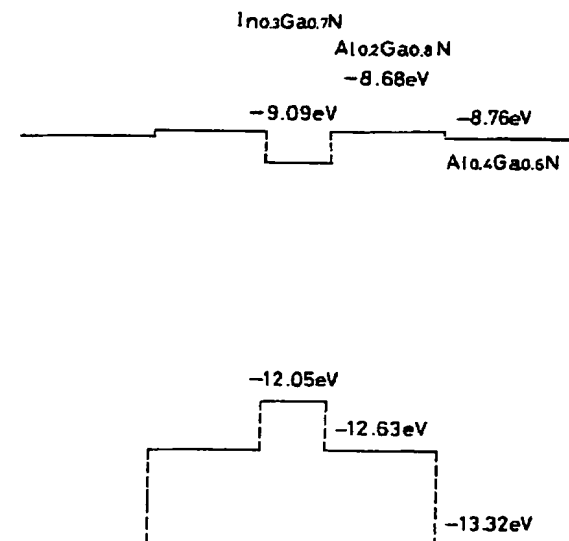
【図 5】第 5 実施例の AlN/InGaAs/AlN 量子井戸構造のエネルギーバンド図である。

【図 6】窒素化合物の伝導帯と価電子帯のエネルギー説明図である。

【図 7】本発明の前提となる GaN/InN/GaN 量子井戸構造のエネルギーバンド図である。

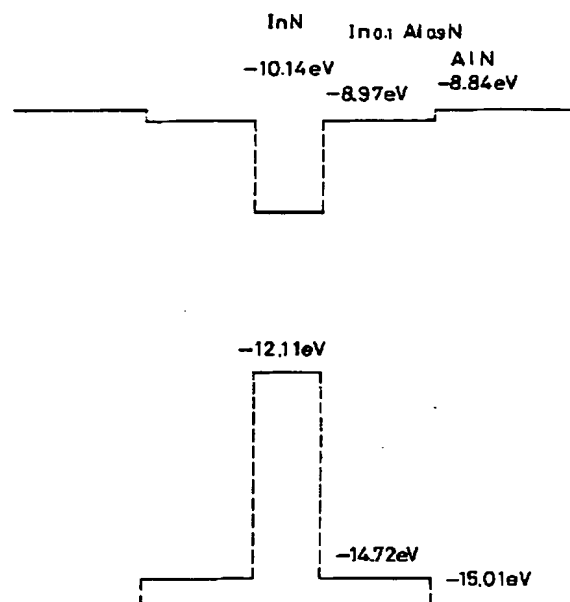
【図 4】

第 4 実施例の $\text{AlGaAs/AlGaAs/AlGaAs}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図



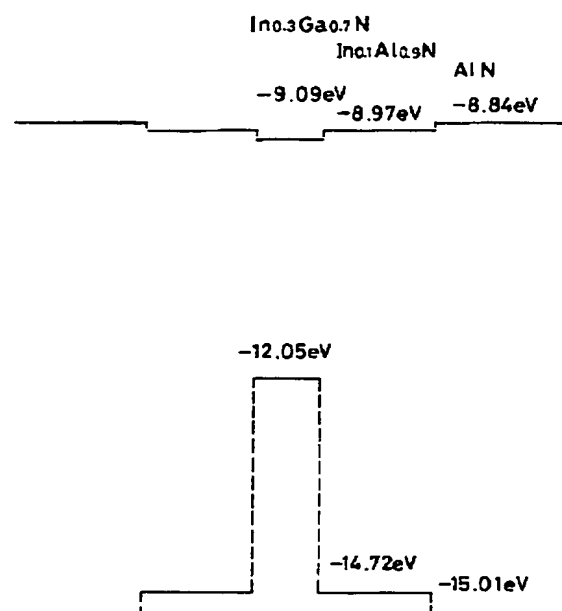
【図 1】

第1実施例の $\text{InAlN}/\text{InN}/\text{InAlN}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図



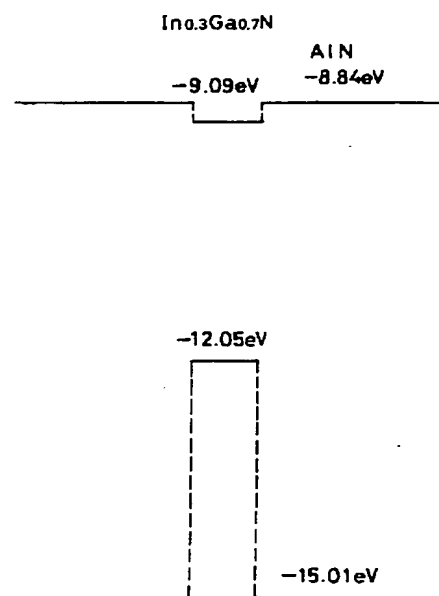
【図 2】

第2実施例の $\text{InAlN}/\text{InGaIn}/\text{InAlN}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図



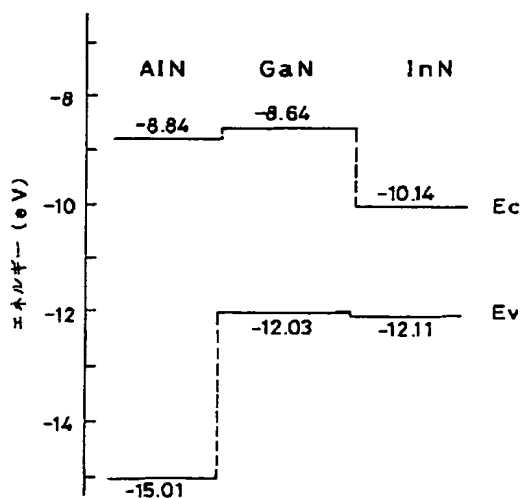
【図 5】

第5実施例の $\text{AlN}/\text{InGaIn}/\text{AlN}$ 量子井戸構造のエネルギーバンド図



【図 6】

窒素化合物の伝導帯と価電子帯のエネルギー説明図



【図 7】

本発明の前提となる GaN/InN/GaN 量子井戸構造の
エネルギーバンド図

